

ICS 93.040

P 28

备案号:



中华人民共和国交通运输行业标准

JT / T 1038—2016

斜拉索外置式黏滞阻尼器

External viscous fluid damper for stay cables

2016-02-02 发布

2016-04-10 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
4 分类、结构形式、规格和型号	3
5 技术要求	5
6 试验方法	7
7 检验规则	8
8 标志、包装、运输和储存	10
附录 A(规范性附录) 设计阻尼力试验	11
附录 B(规范性附录) 耗能率试验	13
附录 C(规范性附录) 疲劳性能试验	14

前　　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会(SAC/TC 223)提出并归口。

本标准起草单位:无锡市弘谷振控技术有限公司、重庆万桥交通科技发展有限公司、浙江大学、广东省公路勘察规划设计院股份有限公司、东南大学、南京长江第二大桥有限责任公司、中交第二公路工程局有限公司、中交第三公路工程局有限公司。

本标准主要起草人:顾黎娜、王鲁钧、李闯、段元锋、赵轶才、梁立农、陈炜峰、伍波、徐赵东、俞健、陈辉、薛涛、周仙通、周是今、杨永斌、蒋钢、胡翔、梁小光。

斜拉索外置式黏滞阻尼器

1 范围

本标准规定了斜拉索外置式黏滞阻尼器的分类、结构形式、规格和型号、技术要求、试验方法、检验规则,以及标志、包装、运输和储存。

本标准适用于斜拉桥用斜拉索外置式黏滞阻尼器。其他工程结构拉索、吊索或吊杆用外置式黏滞阻尼器可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 131	产品几何技术规范(GPS) 技术产品文件中表面结构的表示法
GB/T 191	包装储运图示标志
GB/T 197	普通螺纹 公差
GB/T 228.1	金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
GB/T 699	优质碳素结构钢
GB/T 700	碳素结构钢
GB/T 1184	形状和位置公差 未注公差值
GB/T 1220	不锈钢棒
GB/T 1591	低合金高强度结构钢
GB/T 1800.1	产品几何规范(GPS) 极限与配合 第1部分:公差、偏差和配合的基础
GB/T 1804	一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
GB/T 3077	合金结构钢
GB/T 4162	锻轧钢棒超声检测方法
GB/T 5777	无缝钢管超声波探伤检验方法
GB/T 7314	金属材料 室温压缩试验方法
GB/T 9163	关节轴承 向心关节轴承
GB/T 11379	金属覆盖层 工程用铬电镀层
GB/T 12332	金属覆盖层 工程用镍电镀层
GB 50205	钢结构工程施工质量验收规范
HG/T 2366	二甲基硅油
JT/T 722	公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

黏滞阻尼器 **viscous fluid damper (VFD)**

以黏滞材料为阻尼介质的被动速度相关型阻尼器,用于吸收、耗散外部输入能量。

3.1.2

斜拉索外置式黏滞阻尼器 **external viscous fluid damper for stay cables**

以黏滞阻尼器为耗能元件,通过连接钢构件将振动力从斜拉索传递到桥面,能抑制斜拉索面内外振动的装置,主要用于斜拉索抗风雨振、参数共振、涡激振等机械振动。

3.1.3

初始长度 **initial length**

黏滞阻尼器活塞位于缸体内居中位置时,两端销轴孔的中心距。

3.1.4

设计行程 **design stroke**

黏滞阻尼器处于初始长度时,容许产生的最大伸长或缩短量。

3.1.5

设计阻尼力 **design damping force**

黏滞阻尼器在正常工作状态下产生的最大输出力。

3.1.6

目标振幅 **target amplitude**

斜拉索外置式黏滞阻尼器完成现场装配后,斜拉索容许产生的最大振幅。

3.1.7

对数衰减率 **the decay rate of logarithmic**

在自由振动衰减曲线中,任意两个相邻振幅之比的自然对数。

3.1.8

设计工作频率 **design working frequency**

黏滞阻尼器在正常工作状态下每秒钟可往复运动的次数。

3.1.9

最大工作行程 **maximum working stroke**

外置式黏滞阻尼器装配完成后,斜拉索振幅达到目标振幅最大值时,黏滞阻尼器行程的最大值。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

F ——设计阻尼力,单位为千牛(kN);

f ——加载频率,单位为赫兹(Hz);

L ——斜拉索两锚固端锚垫板之间的距离,单位为米(m);

l ——初始长度,单位为毫米(mm);

t ——加载时间,单位为秒(s);

u ——输入位移,单位为毫米(mm);

u_0 ——位移幅值,单位为毫米(mm);

X_e ——斜拉索梁端锚固端锚垫板沿索长至斜拉索外置式黏滞阻尼器索罐间的距离,单位为米(m)。

4 分类、结构形式、规格和型号

4.1 分类

斜拉索外置式黏滞阻尼器(以下简称外置式黏滞阻尼器)按支撑架结构形式分为:

- a) A型:支撑架垂直于桥面;
- b) B型:支撑架垂直于拉索。

4.2 结构形式

4.2.1 外置式黏滞阻尼器主要由黏滞阻尼器和连接钢构件等组成。其中连接钢构件包括:索箍、水平杆、支撑架、斜撑管、销轴和连接螺栓等。外置式黏滞阻尼器结构示意见图1。

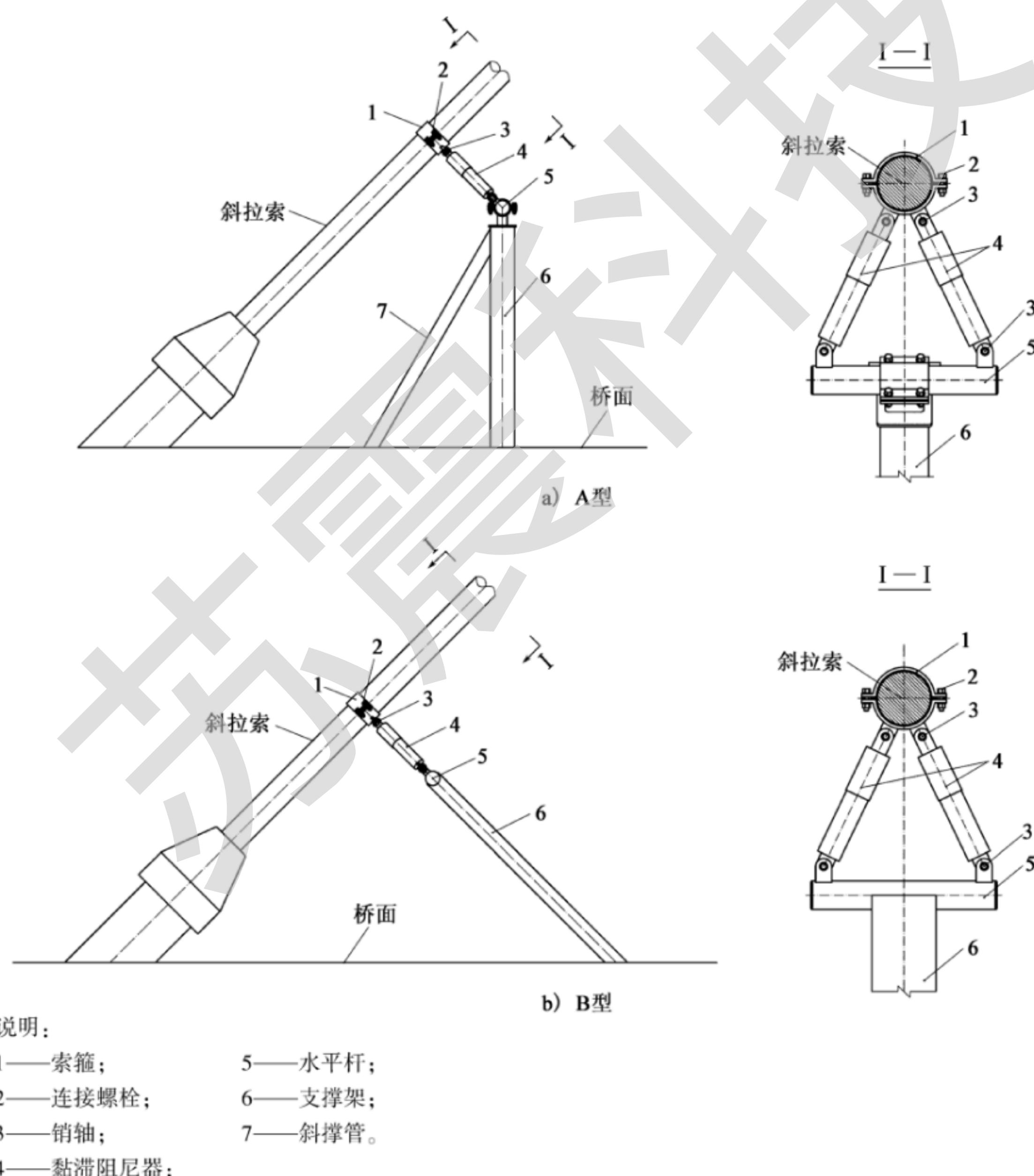
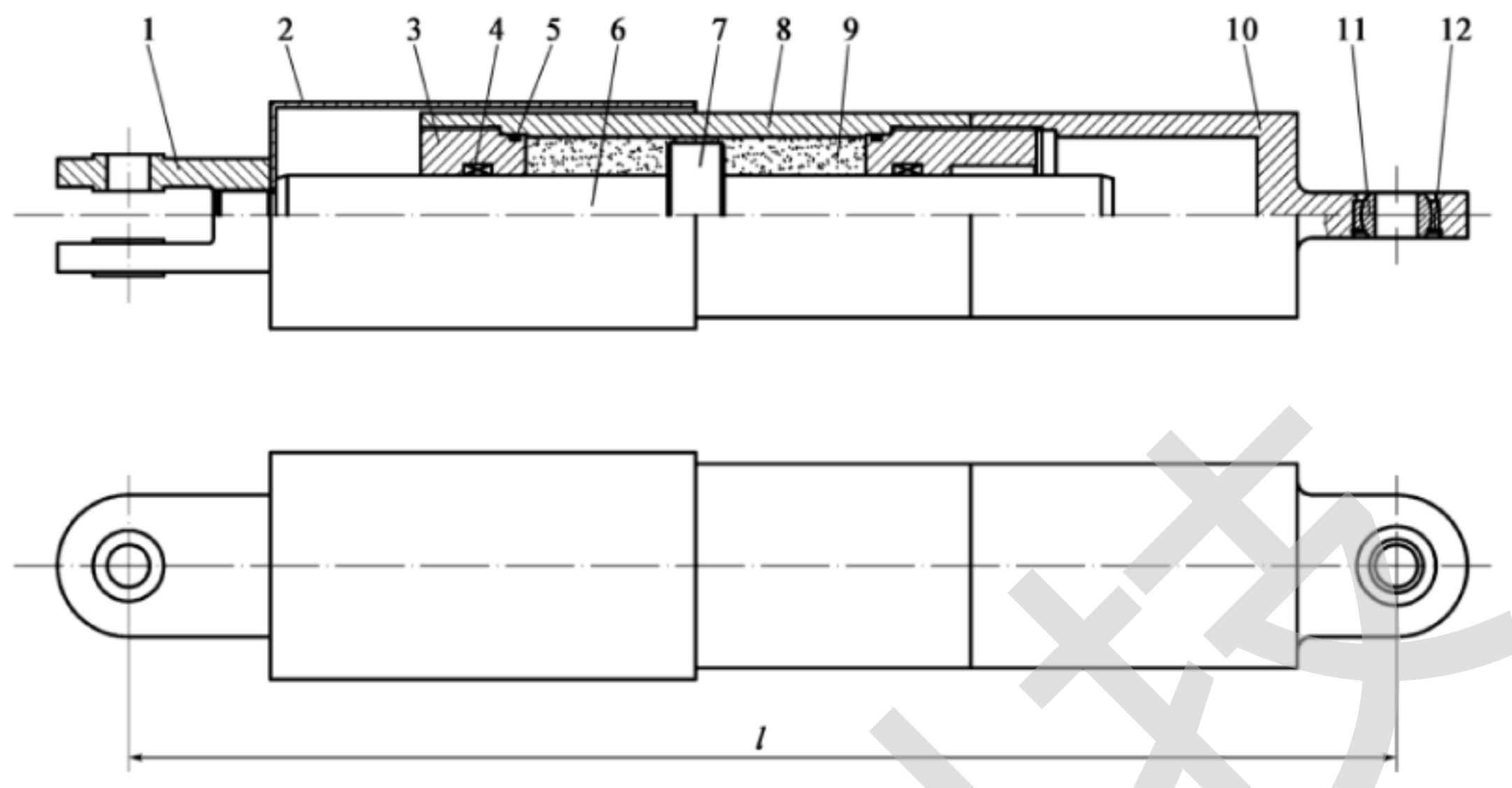


图1 外置式黏滞阻尼器结构示意图

4.2.2 黏滞阻尼器由缸体、活塞、活塞杆、阻尼介质、密封部件及连接件等组成。黏滞阻尼器结构示意见图2。



说明:

- | | | |
|---------|---------|------------|
| 1—双耳环; | 5—静密封圈; | 9—阻尼介质; |
| 2—防尘罩; | 6—活塞杆; | 10—单耳环连接件; |
| 3—端盖; | 7—活塞; | 11—向心关节轴承; |
| 4—动密封圈; | 8—缸体; | 12—孔用弹性挡圈。 |

图2 黏滞阻尼器结构示意图

4.3 规格

4.3.1 黏滞阻尼器按设计阻尼力分为7级:1kN, 1.5kN, 2.5kN, 5kN, 10kN, 20kN, 30kN。

4.3.2 黏滞阻尼器按设计行程分为两级:±30mm, ±50 mm。

4.4 型号

外置式黏滞阻尼器型号表示方法见图3。

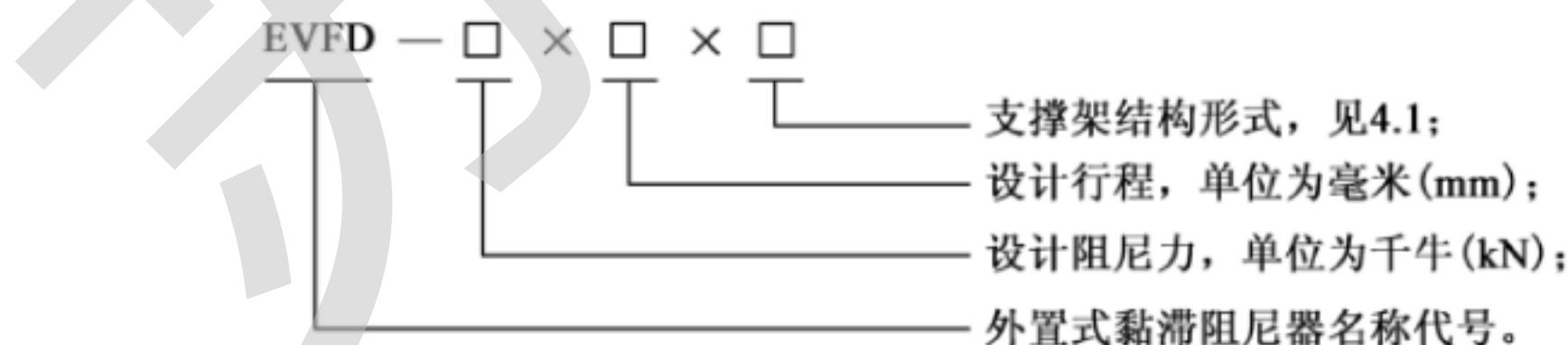


图3 外置式黏滞阻尼器型号表示方法

示例:

外置式黏滞阻尼器设计阻尼力20kN, 设计行程±50mm, 支撑架结构形式B型, 其型号表示为:EVFD—20×50×B。

5 技术要求

5.1 适用环境和使用期限

5.1.1 适用环境

温度 -35℃ ~ 80℃ , 相对湿度 0 ~ 100%。

5.1.2 使用期限

在正常使用和维护情况下,一般为 20 年。

5.2 外观及尺寸

5.2.1 外观

5.2.1.1 黏滞阻尼器

黏滞阻尼器表面应光洁,无毛刺,无机械损伤,无泄漏现象。

5.2.1.2 连接钢构件

外置式黏滞阻尼器连接钢构件应无锈蚀、毛刺、裂痕等缺陷,外表防腐涂层均匀,无漏涂、挂流等缺陷。

5.2.2 尺寸

5.2.2.1 黏滞阻尼器初始长度允许误差应在 $-2\%l \sim 2\%l$ 的范围内。

5.2.2.2 连接钢构件的尺寸公差不应低于 GB/T 1804 中 c 级的规定。

5.2.2.3 外置式黏滞阻尼器索箍装配位置 X_s 与 L 之比宜大于 0.023。

5.3 材料

5.3.1 钢材

5.3.1.1 黏滞阻尼器金属部件材料要求如下:

- 缸体、活塞和端盖采用不低于 45 号的优质碳素结构钢,应符合 GB/T 699 的规定,或采用合金结构钢,应符合 GB/T 3077 的规定;
- 活塞杆采用不低于 40Cr 的合金结构钢,应符合 GB/T 3077 的规定,或采用不低于 14Cr17Ni2 的不锈钢,应符合 GB/T 1220 的规定;
- 耳环和连接件采用不低于 20 号的优质碳素结构钢,应符合 GB/T 699 的规定,或采用不低于 Q235 的碳素结构钢,应符合 GB/T 700 的规定;
- 向心关节轴承应采用不低于 06Cr19Ni10 的不锈钢自润滑向心关节轴承,应符合 GB/T 1220 的规定;
- 孔用弹性挡圈应采用不低于 06Cr19Ni10 的不锈钢,应符合 GB/T 1220 的规定。

5.3.1.2 连接钢构件材料要求如下:

- 销轴采用不低于 20Cr13 的不锈钢,应符合 GB/T 1220 的规定;
- 索箍、水平杆、斜撑管和支撑架等钢构件,一般地区采用不低于 Q235 的碳素结构钢,应符合 GB/T 700 的规定;严寒地区采用不低于 Q345B 的低合金高强度结构钢,应符合 GB/T 1591 的规定。

5.3.2 阻尼介质

阻尼介质宜选用二甲基硅油,性能应符合 HG/T 2366 中“一等品”的规定。

5.4 力学性能

5.4.1 黏滞阻尼器

黏滞阻尼器力学性能应符合表 1 的要求。

表 1 黏滞阻尼器力学性能要求

项 目	性 能 要 求
设计行程	实测值不应小于设计值
密封性能	黏滞阻尼器不应有泄漏
设计阻尼力	实测值偏差应在 $-15\% F \sim 15\% F$ 范围内
耗能率	黏滞阻尼器的耗能率应达到 90% 以上
疲劳性能	最大阻尼力变化率不应超过 $\pm 15\%$, 黏滞阻尼器在试验后无裂痕并具有稳定的阻尼特性及耐久性, 密封系统不泄漏

5.4.2 斜拉索

5.4.2.1 桥梁装配外置式黏滞阻尼器后,斜拉索的目标振幅宜符合表 2 的要求。

表 2 斜拉索目标振幅

斜拉索分类	中短索($L < 250\text{m}$)	中长索($250\text{m} \leq L \leq 450\text{m}$)	超长索($L > 450\text{m}$)
目标振幅	$L/1\,000$	$L/1\,400$	$L/1\,800$

5.4.2.2 桥梁装配外置式黏滞阻尼器后,斜拉索振动模态的对数衰减率宜大于 3%。

5.5 工艺性能

5.5.1 黏滞阻尼器的机加工

5.5.1.1 缸体内表面和活塞杆表面尺寸公差不应低于 GB/T 1800.1 中 IT8 级的规定;未注尺寸公差不应低于 GB/T 1804 中 c 级的规定。

5.5.1.2 缸体内表面和活塞杆表面圆柱度不应低于 GB/T 1184 中 6 级的规定;其他未注形位公差不应低于 GB/T 1184 中 L 级的规定。

5.5.1.3 传递荷载的螺纹副,螺纹精度不应低于 GB/T 197 中 7H/6g 级的规定。

5.5.1.4 向心关节轴承外形尺寸及公差应符合 GB/T 9163 的规定。

5.5.1.5 黏滞阻尼器的活塞杆、缸体、活塞、端盖的配合面和摩擦面不应有凹坑、划痕等缺陷。缸体内表面粗糙度不应低于 GB/T 131 中 $Ra0.8$ 的规定;活塞杆表面粗糙度不应低于 GB/T 131 中 $Ra0.4$ 的规定。

5.5.1.6 黏滞阻尼器的活塞杆表面镀硬铬、镀镍或铬镍共镀,基底材料为合金钢时,镀层总厚度不应低于 $50\mu\text{m}$;基底材料为不锈钢时,镀层总厚度不宜低于 $40\mu\text{m}$ 。硬铬层的技术要求应符合 GB/T 11379 的规定,镍层的技术要求应符合 GB/T 12332 的规定。

5.5.2 黏滞阻尼器的装配

- 5.5.2.1 外购部件应有生产厂家提供的合格证明方可进行装配。
- 5.5.2.2 黏滞阻尼器各待装配金属部件均应洁净,无铁屑、毛刺、油污等杂质。
- 5.5.2.3 装配过程中应防止密封件损坏,密封件无划痕、碰伤及挤压变形等现象。
- 5.5.2.4 黏滞阻尼器缸体内应填充满阻尼介质。缸体密封后不应解封,若有特殊情况,应由生产厂家进行解封、重新填充和密封的操作。
- 5.5.2.5 装配完成后,向心关节轴承在任何方向上的转角不应小于3°。

5.5.3 外置式黏滞阻尼器的装配

外置式黏滞阻尼器宜采用现场装配,工艺性能要求如下:

- a) 外置式黏滞阻尼器应对称于斜拉索投影面;其黏滞阻尼器的两对销轴孔间距应相同;黏滞阻尼器连接耳环应无卡阻现象;
- b) 外置式黏滞阻尼器应与桥面可靠连接,其中焊缝应符合GB 50205中“三级焊缝”的规定。

5.5.4 防腐

外置式黏滞阻尼器成品所有外露表面均应进行防腐涂装,涂层配套体系和现场涂层质量应符合JT/T 722的相关规定。

6 试验方法

6.1 适用环境

采用温度计和湿度计进行测量。

6.2 外观及尺寸

外观及尺寸采用普通量具测量与目测结合进行综合评定。

6.3 材料

6.3.1 钢材

钢材性能试验方法应符合GB/T 228.1和GB/T 7314的规定;锻轧钢棒超声波检验方法应符合GB/T 4162的规定;无缝钢管超声波探伤检验方法应符合GB/T 5777的规定。

6.3.2 阻尼介质

6.3.2.1 取约50mL二甲基硅油倒入清洁、干燥、无色透明的100mL烧杯中,置于室内自然光下进行观察。

6.3.2.2 二甲基硅油的各项理化性能技术指标测定按HG/T 2366的规定进行。

6.4 力学性能

6.4.1 黏滞阻尼器

黏滞阻尼器的力学性能试验方法见表3。

表 3 力学性能试验方法

项 目	试 验 方 法
设计行程	采用静力加载试验,即控制试验机的加载系统使黏滞阻尼器匀速缓慢运动,记录其运动的最大行程值
密封性能	采用拉压装置以 60mm/s 的最大速度、±10mm 的位移幅值来回拉压 10 次
设计阻尼力	设计阻尼力试验见附录 A
耗能率	耗能率试验见附录 B
疲劳性能	疲劳性能试验见附录 C

6.4.2 斜拉索

6.4.2.1 斜拉索目标振幅采用目测法进行检验。

6.4.2.2 外置式黏滞阻尼器装配完成后,应对斜拉索进行人工激励使斜拉索产生振动,同时测量斜拉索的自由衰减振动信号,通过对信号的处理,分析计算出其目标振动模态的对数衰减率。

6.5 工艺性能

6.5.1 黏滞阻尼器的机加工

6.5.1.1 尺寸公差用直尺、游标卡尺、角度尺等常规量具测量,形位公差用专用仪器和设备检测。

6.5.1.2 用螺纹量规、千分尺、万能工具显微镜等规定量具对螺纹精度进行检测。

6.5.1.3 用粗糙度检测仪器对金属部件粗糙度进行检测。

6.5.1.4 用金属镀层测厚仪对活塞杆镀层厚度进行检测。

6.5.2 黏滞阻尼器的装配

6.5.2.1 待装配金属部件、密封件表面质量采用目测法。

6.5.2.2 用角度尺对向心关节轴承的转角进行检测。

6.5.3 外置式黏滞阻尼器装配

6.5.3.1 外置式黏滞阻尼器的对称性、黏滞阻尼器长度和黏滞阻尼器连接耳环可动性的检验采用量具测量与目测进行综合评定。

6.5.3.2 外置式黏滞阻尼器的支撑架、斜撑管与桥面的连接采用焊角量规、钢尺等量具测量与目测结合进行综合评定。

6.5.4 防腐

外置式黏滞阻尼器防腐涂装检测方法按 JT/T 722 的规定进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为原材料检验、型式检验和出厂检验。

7.1.1 原材料检验

原材料检验为部件加工用原材料及外协、外购件进厂时进行的验收检验。检验项目见表 4。

表4 原材料检验

序号	检 验 项 目	技术要求	试 验 方 法	检 验 频 次
1	钢 材	5.3.1	6.3.1	每批1次
2	阻尼介质	5.3.2	6.3.2	每批1次

7.1.2 型式检验

有下列情况之一时,黏滞阻尼器应进行型式检验:

- a) 新产品的试制定型鉴定;
- b) 当原料、结构、工艺等有改变,对产品质量影响较大时;
- c) 正常生产时,每5年检验1次;
- d) 停产1年以上恢复生产时;
- e) 国家质量监督机构提出型式检验要求时;
- f) 因特殊需要要求进行型式检验时。

7.1.3 出厂检验

外置式黏滞阻尼器应经制造厂家质检部门检验合格并附合格证明书方准出厂。

7.2 检验项目

型式检验、出厂检验项目和频次见表5。

表5 型式检验和出厂检验项目和频次

序号	检 验 项 目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验	检 验 频 次	
						型式检验	出厂检验
1	黏滞 阻尼器	外观及尺寸	5.2	6.2	+	+	100%
2		设计行程	5.4.1	6.4.1	+	+	100%
3		密封性能	5.4.1	6.4.1	+	+	100%
4		设计阻尼力	5.4.1	6.4.1	+	—	不少于2个
5		耗能率	5.4.1	6.4.1	+	—	/
6		疲劳性能	5.4.1	6.4.1	+	—	/
7	外置 式黏 滞阻 尼器 [*]	斜拉索目标振幅	5.4.2.1	6.4.2.1	—	+	/ 25%
8		斜拉索对数衰减率	5.4.2.2	6.4.2.2	—	+	/ 25%
9		对称性和黏滞阻尼器长度	5.5.3a)	6.5.3.1	—	+	/ 25%
10		连接可靠性	5.5.3b)	6.5.3.2	—	+	/ 100%
11	防腐		5.5.4	6.5.4	—	+	/ 20%

注:“+”表示要进行该项检验,“—”表示不进行该项检验,“/”表示无此项规定。

^{*} 出厂检验为现场装配后进行。

7.3 判定规则

7.3.1 原材料检验

检验结果不符合本标准要求的原材料及外协、外购件不应使用。

7.3.2 型式检验

应全部符合本标准要求,否则为不合格。

7.3.3 出厂检验

出厂检验的判定规则如下:

- a) 表5序号1、2、3的检验项目中有一项不符合标准要求,则该件产品应判为不合格产品,不应出厂;
- b) 表5序号7、8的检验项目中有一项不符合标准要求,应对该不符合要求斜拉索的外置式黏滞阻尼器进行调整,然后再进行检验,如检验合格则判定该批产品合格。如仍不符合要求,则应对所有的斜拉索进行检验,通过整修直至所有项目全部合格;
- c) 表5序号9~11的检验项目全部合格,则该批产品为合格,当检验项目中有不合格项,则应对不合格的外置式黏滞阻尼器进行整修,直至检验合格。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 在外置式黏滞阻尼器明显部位应有清晰永久的标志并包含以下内容:

- a) 产品名称、型号;
- b) 基本参数;
- c) 商标;
- d) 出厂编号;
- e) 出厂日期;
- f) 制造厂名;
- g) 执行标准号。

8.1.2 包装箱外部明显位置上应有有关字样和标志,有关标志的图式符号应符合GB/T 191的规定。

8.2 包装

8.2.1 黏滞阻尼器、索罐、水平杆等宜采用箱式包装,支撑架和斜撑管宜采用捆扎包装,或按用户要求包装;包装应可靠、安全且便于运输和搬运。

8.2.2 包装发货的每箱产品中应具备下列文件:

- a) 产品使用说明书;
- b) 产品合格证;
- c) 装箱单。

8.3 运输

运输过程中应注意防雨、防潮和防晒,严禁与有腐蚀性的化学品混运接触,并不得磕碰、超高码放。

8.4 储存

产品应储存在干燥、通风、无腐蚀性气体,并远离热源的场所。

附录 A
(规范性附录)
设计阻尼力试验

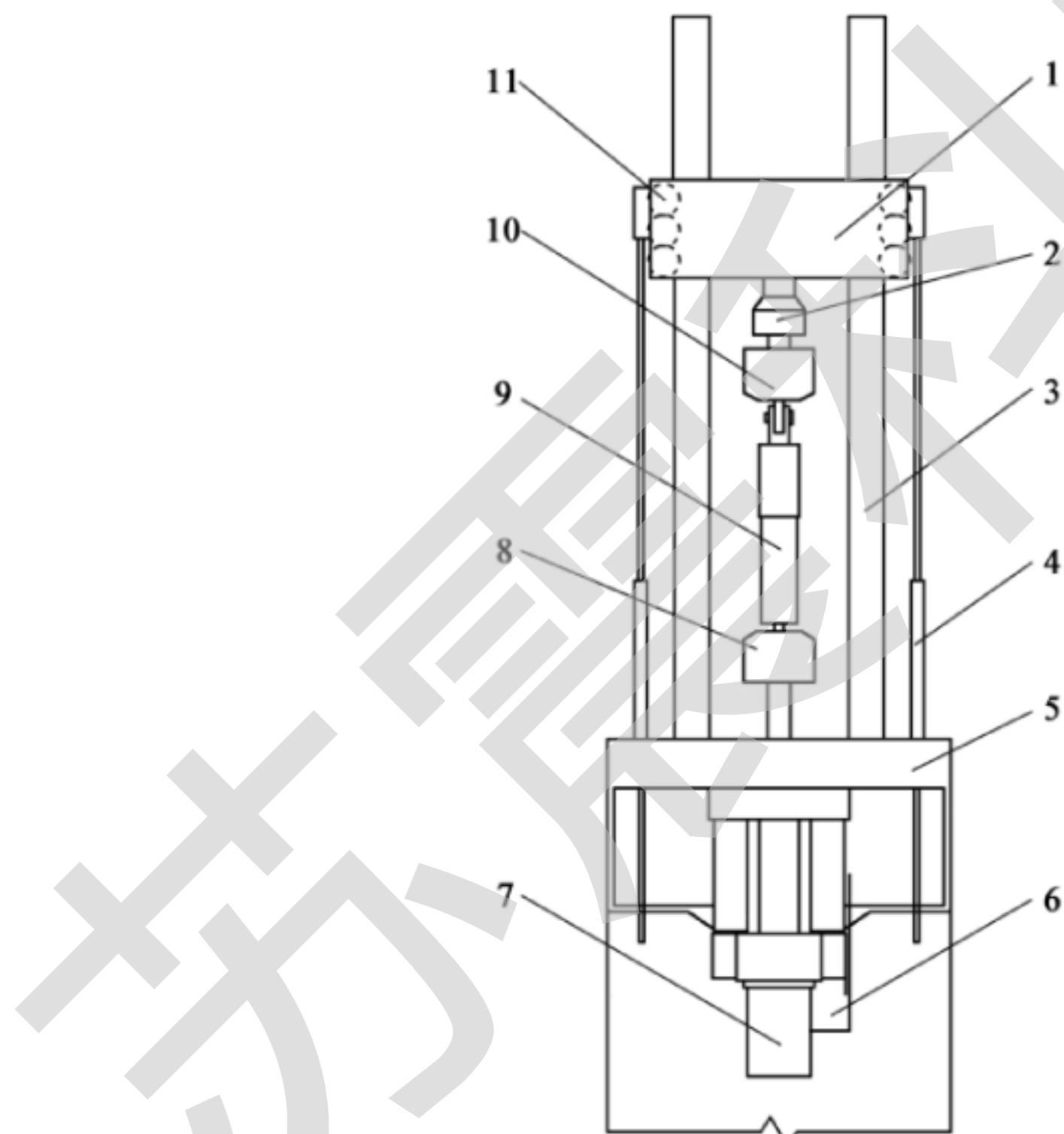
A.1 试样

黏滞阻尼器设计阻尼力试验采用本体进行。

A.2 试验方法

试验按下列步骤进行：

- 设计阻尼力试验应在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 环境温度下进行；
- 黏滞阻尼器试验设备及连接方式见图 A.1，根据试验设备选择连接方式，但需与实际工况相吻合并避免对测试精度造成不利影响；



说明：

- | | | |
|----------|----------|----------|
| 1—横梁； | 5—主机工作台； | 9—试样； |
| 2—载荷传感器； | 6—位移传感器； | 10—上夹头； |
| 3—立柱； | 7—加载驱动器； | 11—锁紧油缸。 |
| 4—横梁驱动器； | 8—下夹头； | |

图 A.1 试验设备及连接方式示意

- 对试样加载，进行 10 次完整位移循环运动；
 - 采用正弦波加载，见图 A.2，加载位移 u 按式(A.1)计算；
- $$u = u_0 \sin(2\pi ft) \quad (\text{A.1})$$
- 加载频率 f 为设计工作频率，加载幅值 u_0 不小于最大工作行程。

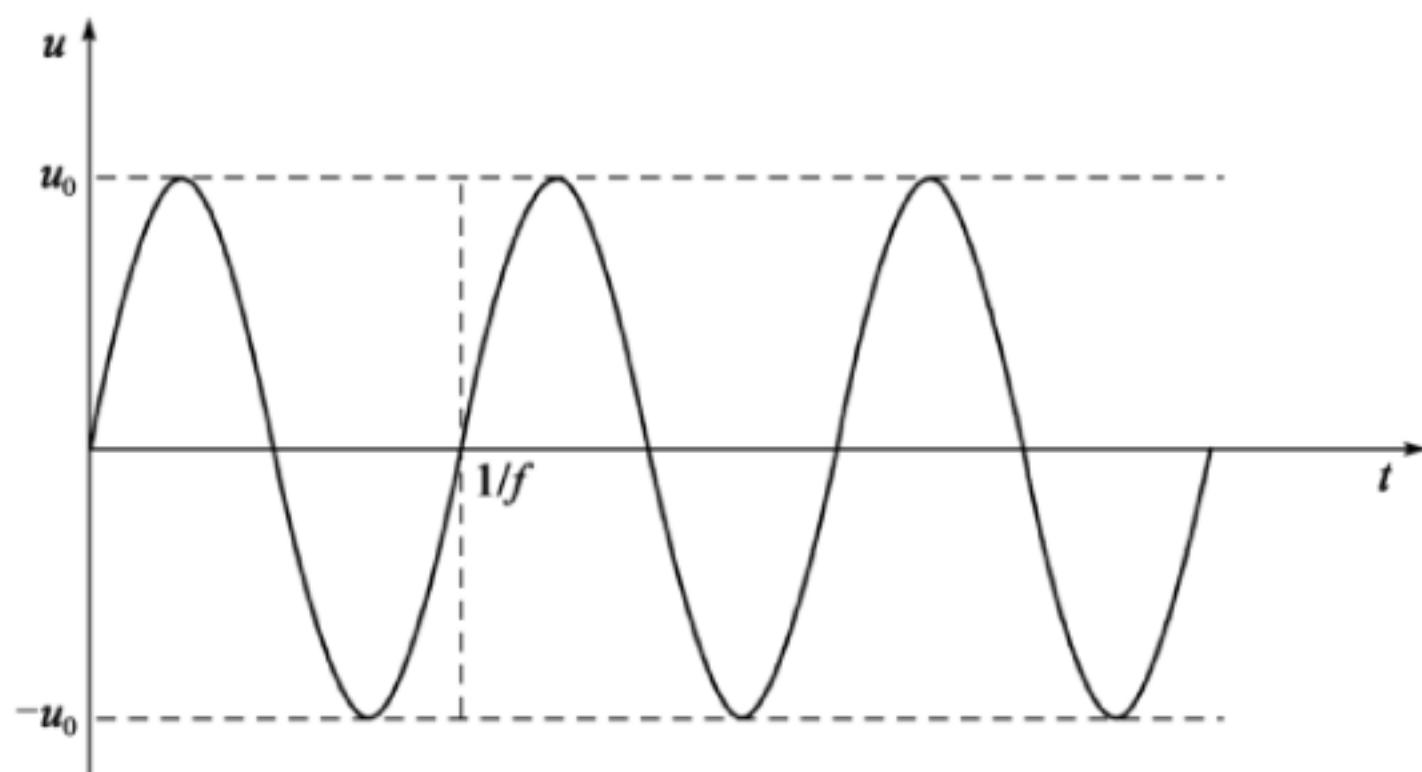


图 A.2 正弦波波形

A.3 试验过程与数据

试验过程与数据应满足下列要求：

- 阻尼力实测值选取最大速度时第 5 个循环后稳定滞回曲线上最大力值，拉伸和压缩两个方向分别取值，均应满足要求；
- 阻尼力一位移滞回曲线应饱满、光滑，无异常；阻尼力一位移滞回曲线应全程连续记录。

A.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- 描述试验过程及试验结果，记录全程阻尼力一位移滞回曲线以及试验过程中的异常情况。

附录 B
(规范性附录)
耗能率试验

B.1 试样

黏滞阻尼器耗能率试验采用本体进行。

B.2 试验方法

试验按下列步骤进行：

- a) 耗能率试验应在 (23 ± 5) ℃的环境温度下进行；
- b) 试验设备对试样加载见图 A.1，进行 10 次完整位移循环运动；
- c) 采用正弦波加载见图 A.2，加载位移 u 按式(A.1)计算；
- d) 加载频率 f 为设计工作频率，加载幅值 u_0 不小于最大工作行程。

B.3 试验过程与数据

试验过程与数据应满足下列要求：

- a) 阻尼力一位移滞回曲线应饱满、光滑，无异常，记录全程阻尼力一位移滞回曲线；
- b) 选取最大速度时第 5 个循环后稳定的阻尼力一位移滞回曲线，通过计算滞回曲线所包围面积与所对应最大矩形面积的比值，得出耗能率值；
- c) 试验结束后试样无泄漏、部件损坏现象。

B.4 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- b) 描述试验过程及试验结果，记录全程阻尼力一位移滞回曲线以及试验过程中的异常情况。

附录 C
(规范性附录)
疲劳性能试验

C.1 试样

黏滞阻尼器疲劳性能试验采用本体进行。

C.2 试验方法

试验按下列步骤进行：

- a) 采用正弦波加载,见图 A.2,加载位移 u 按式(A.1)计算;
- b) 加载频率 f 不小于 1Hz,加载幅值 u_0 为 $\pm 5\text{mm}$;
- c) 试验设备对试样加载见图 A.1,进行 200 000 次完整位移循环运动;
- d) 对试样温度进行监测,超出 5.1.1 的温度范围时应暂停试验。

C.3 试验过程与数据

试验过程与数据应满足下列要求:

- a) 试验过程中黏滞阻尼器应运行平稳,无卡滞;
- b) 记录阻尼力一位移滞回曲线,数量不少于 500 个,应包括第 10 000 次循环和第 190 000 次循环;
- c) 计算第 10 000 次循环和第 190 000 次循环最大阻尼力的变化率;
- d) 试验结束后试样无泄漏、部件损坏现象。

C.4 试验报告

试验报告应包括下列内容:

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数;
- b) 描述试验过程及试验结果,记录阻尼力一位移滞回曲线以及试验过程中的异常情况。